



Este caderno é parte do material didático:  
**Mudanças Ambientais Globais:**  
**Pensar + agir na escola e na comunidade**  
• ar • água • terra • fogo

ISBN 978-85-60731-46-6



9 788560 731466



# AR

mudanças  
ambientais  
globais

**PENSAR + AGIR**

na escola e na comunidade

apoio



INSTITUTO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA  
**IBEC-UNESCO**  
COMISSÃO ESTADUAL DE SÃO PAULO



realização

Ministério do  
Meio Ambiente

Ministério  
da Educação



© 2008. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade (Secad) – Ministério da Educação

**Coordenação Editorial:** Eda Terezinha de Oliveira Tassara, Rachel Trajber

**Texto:** Sílvia Czapski

**Edição de Texto:** Ananda Zinni Vicentine, Luciano Chagas Barbosa, Ricardo Burg Mlynarz, Sílvia Pompéia, Vanessa Louise Batista.

**Revisão:** Carmen Garcez

**Projeto Gráfico:** Beatriz Serson, Bernardo Schorr

**Ilustrações:** Antonio Claudino Batista

**Colaboradores:**

Ana Júlia Lemos Alves Pedreira, Ayrton Camargo e Silva, Beatriz Carvalho Penna, Bérítes Carmo Cabral, Bruno Veiga Gonzaga Bagapito, Emília Wanda Rutkowski, Fabíola Zerbini, Fernanda de Mello Teixeira, Flávio Bertin Gândara, Franklin Júnior, Gilvan Sampaio, João Bosco Senra, José Augusto Rocha Mendes, José Domingos Teixeira Vasconcelos, Lara Regitz Montenegro, Larissa Schmidt, Luiz Cláudio Lima Costa, Márcia Camargo, Maria Thereza Teixeira, Neusa Helena Rocha Barbosa, Patrícia Carvalho Nottingham, Paula Bennati, Paulo Artaxo, Pedro Portugal Sorrentino, Viviane Vazzi Pedro, Xanda de Biase Miranda.

**Tiragem:** 106 mil exemplares

**Ministério da Educação**

Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade - SECAD

Esplanada dos Ministérios Bloco L

CEP: 70097-900 – Brasília-DF

Tel: (61) 2104-8432

Site: [www.mec.gov.br/secad](http://www.mec.gov.br/secad)

**Ministério do Meio Ambiente**

Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental - SAIC

Esplanada dos Ministérios Bloco B

CEP: 70068-900 – Brasília-DF

Tel: (61) 3317-1000

Site: [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Ar / Sílvia Czapski. – Brasília : Ministério da Educação, Secad : Ministério do Meio Ambiente, Saic, 2008.

20 p. (Mudanças ambientais globais. Pensar + agir na escola e na comunidade)

ISBN 978-85-60731-46-6

1. Poluição do ar. 2. Responsabilidade ambiental. I. Czapski, Sílvia. II. Brasil. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade. III. Brasil. Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental. IV. Série.

CDU 37:504

## senhora dos ventos

Naquela manhã a professora entrou na sala feito um vendaval, fazendo os papéis voarem. Disse com uma reverência:

– Vamos falar sobre o aquecimento global.

E a turma se aquietou, porque lá vinha uma história. Dessa vez a história começou lá na África, com a Senhora do Ar e do Vento, Dona dos Espíritos, Senhora dos Raios e das Tempestades. Oyá, conhecida no Brasil como Iansã.

Iansã foi uma princesa real na cidade de Irá, na Nigéria, em 1450 a.C. Segundo o mito africano, Iansã recebeu de Olorum a missão de transformar e renovar a natureza através do vento, que ela sabia manipular; do vendaval, que faz a limpeza do ar que respiramos.

Na sala de aula, resolveram então fazer uma experiência, quase uma brincadeira: todos tinham que inspirar bem fundo, fechar a boca, tampar o nariz e segurar o ar pelo maior tempo possível. Com um relógio, calculariam quanto tempo a turma conseguiria ficar sem respirar.

– Eu pratico natação, tenho um fôlego maior – comentou um aluno.

– Sempre que tento, começo a rir – reclamou alguém outro.

No final da experiência, a surpresa. Não se tratava de uma competição, mas uma forma de entendimento: a respiração é uma das bases de nossa vida. Sem o ar, nós morreremos.

– Quanto tempo podemos ficar sem respirar? – perguntou uma aluna.

A resposta foi uma nova surpresa: segundo alguns especialistas, agüentamos cinco ou mais semanas sem alimentos, cinco dias sem água, mas podemos até morrer se ficarmos apenas cinco minutos sem ar. E mais: em condições normais, um adulto ingere algo como um quilo e meio de alimentos sólidos, dois litros e meio de água e quinze quilos de ar por dia – 24 horas, pois não paramos nunca de respirar!

Após respirar fundo, veio a pergunta:

– Mas o que fazemos com tanto ar no nosso corpo?

Mais uma surpresa: em menos de um minuto, o ar inalado pelo nariz – ou pela boca – passa pelas vias respiratórias, onde é filtrado, umedecido e aquecido. Chega aos pulmões, onde transfere parte do seu oxigênio para o sangue, que por sua vez lhe entrega o excesso de gás carbônico formado nas células de nosso corpo. Com isso, ele voltará à atmosfera diferente do que quando entrou, com mais dióxido de carbono. Bom para as plantas, que irão capturar esse carbono do ar no processo da fotossíntese.



Basta esse exemplo para percebermos que, na natureza, todas as coisas se relacionam. Seres vivos e inanimados dependem uns dos outros. E nós fazemos parte dessa natureza. Compartilhamos o ar ao respirarmos.

O vento de lansã nem sempre é tão forte. Normalmente, ela sopra a brisa, que, com sua doçura, espalha a criação, fazendo voar as sementes, que irão germinar na terra e fazer brotar novas vidas. Além disso, esse vento manso também é responsável pelo processo de evaporação de todas as águas da terra, que caem sobre os rios, a terra, o mar, as árvores. Sem chuva, plantas não crescem, nem nós teríamos como viver.

Diz a lenda que algumas vezes forma-se uma tormenta, provocando destruição e mudanças, pois lansã não aceita a submissão ou qualquer tipo de prisão. Bem séria, a professora explicou que, de uns anos para cá, percebemos o tal do **aquecimento global**, provocado pelos sistemas sociais humanos, que nada tem a ver com lansã e pode causar degelo dos pólos, tormentas, desertificação. Essas tormentas, Oyá não consegue reciclar mais, pois suas causas são outras.



## TEMPO, TEMPO, TEMPO

No começo, não tínhamos o ar como é hoje, em torno da bola de fogo que era nossa Terra, mas só uma mistura de gases feita principalmente por dois gases, hélio e hidrogênio.

Há cerca de 3,5 bilhões de anos, nosso Planeta já esfriara o bastante para formar uma crosta endurecida. Vulcões liberavam novos gases, como vapor d'água, dióxido de carbono, amoníaco, metano e óxido de enxofre. Na camada gasosa que passou a recobrir o Planeta, faltava ainda o oxigênio livre.

Mais tempo se passou. Formaram-se os oceanos e surgiram organismos capazes de tirar o oxigênio ( $O_2$ ) do gás carbônico ( $CO_2$ , ou dióxido de carbono). A proporção de  $O_2$  na atmosfera subiu. Parte do carbono foi absorvida na composição de seres vivos e inanimados, como rochas.

A nova constituição do ar garantiu temperatura e umidade estáveis. Também se formou uma camada com ozônio ( $O_3$ ) na estratosfera (com altitude média de 30 km), capaz de filtrar o excesso de raios ultravioleta do Sol, mortais para seres vivos.

E nosso Planeta se tornou o **Planeta Vida**.

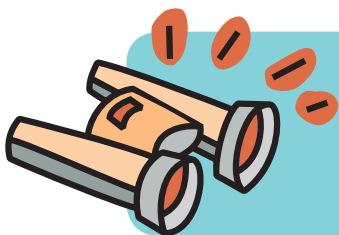


## o ar que nos **protege**

Você já parou para pensar que aquele ar que encheu seu pulmão, quando sai, poderá entrar no pulmão de seu vizinho? Que é nesse ar que voam as borboletas, as aves, os insetos e mesmo os aviões? Que ele é igualmente necessário para o desenvolvimento das plantas, com suas flores e frutos? E que suas moléculas circulam no ambiente há milhões de anos?

Talvez por não ser visível, não ter gosto, nem cheiro – a não ser quando muito poluído –, cientistas só buscaram entender algumas propriedades do ar há pouco mais de dois séculos. Sabe-se hoje que ele é uma mistura de gases, formando uma fina camada em torno da Terra – a atmosfera –, que protege a vida ao manter a temperatura estável contra o frio externo.

E é isso mesmo. Fazem parte do ar alguns dos chamados gases do efeito estufa, ou **gases estufa** (GEE) – como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e vapor d'água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) –, que têm a qualidade de “segurar” parte do calor do Sol refletido perto da superfície terrestre. Graças a isso, a temperatura no Planeta permaneceu em  $15^\circ\text{C}$  (graus centígrados), em média, ao longo dos últimos milênios. Sem isso, a temperatura média seria bem mais alta, ou mais baixa ( $-17^\circ\text{C}$ , segundo alguns cientistas), o que inviabilizaria a vida como ela é.



Os **gases estufa** funcionam como se fossem um cobertor que deixa passar luz solar, que aqui se transforma parcialmente em radiação infra-vermelha (calor). Essa radiação não consegue escapar de volta para o espaço, mantendo o calor aqui. O aquecimento proporcionado por esse fenômeno é chamado efeito estufa.

## do que se **compõe o ar?**

Cientistas falam em “atmosfera seca” quando se referem aos principais gases que constituem o ar, fora o vapor d'água. O campeão é o nitrogênio ( $\text{N}_2$ ). Ele preenche mais de três quartos do ar (78%) e funciona como suporte dos demais. É essencial para a vida: fixado no solo pela ação de bactérias e outros microrganismos, chamados *nitrificantes*, é absorvido pelas plantas e entra na composição das proteínas vegetais. Retorna ao ar com a ajuda de outras bactérias, que por isso são apelidadas de *denitrificantes*.

Na segunda posição, está o oxigênio. Ocupa mais de um quinto do ar (21%). Há uma troca direta de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) entre o ar e seres vivos, seja pela fotossíntese das plantas ou pela respiração. No último 1% da atmosfera, a variedade é grande: aí estão gases nobres, como argônio, criptônio, hélio, e gases estufa (GEEs), como  $\text{CO}_2$ , o metano ( $\text{CH}_4$ ), os óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) e **ozônio troposférico** ( $\text{O}_3$ ).

Para comparar: em 100 litros de “ar seco”, teríamos 78 litros de nitrogênio, 21 de oxigênio e um de outros gases. Cada qual, a seu modo, é essencial para nossa sobrevivência.

O **ozônio** ( $\text{O}_3$ ) comporta-se como gás estufa quando na camada mais baixa da atmosfera, a **troposfera** (até 12 km de altitude). Mas é protetor da vida na estratosfera.



## vapor d'água e outros gases

De olho na relação entre os temas: veja o caderno **água**



O **vapor d'água** também compõe o ar, mas de um jeito diferente. É que sua proporção varia conforme a região ou a estação do ano. Sobre os oceanos, por exemplo, a evaporação constante aumenta a umidade relativa do ar. O mesmo ocorre em áreas de florestas tropicais – como Mata Atlântica e Floresta Amazônica – por causa da evapotranspiração, processo natural das plantas. Em outros ecossistemas, ou/e nas épocas secas, a umidade cai. Abaixo de 20%, equivale ao clima de um deserto.

Além dos gases, o ar sempre carrega partículas sólidas e líquidos suspensos, tais como poeira, fuligem e fumaça. Uma parte é visível quando um raio de sol atravessa a janela de nossas casas.

## poluição do ar

O que chamamos de **poluição atmosférica** refere-se, na verdade, à presença de substâncias colocadas no lugar errado. Por exemplo, quando inalamos o ozônio, ele pode causar problemas respiratórios. É um poluente. Na estratosfera, o “lugar certo”, ele nos protege, como detalharemos.

**POLUIÇÃO** é toda modificação química, física ou biológica que pode causar danos ao ambiente, inclusive a nós, seres humanos.

A partir da era industrial, as atividades econômicas aumentaram a descarga de uma grande variedade de poluentes na atmosfera. Eles vêm dos escapamentos dos automóveis (um dos maiores vilões da poluição urbana), das chaminés de indústrias, são emitidos em queimadas, na incineração do lixo e de outras maneiras. Podem alterar o equilíbrio original da atmosfera a ponto de prejudicar a vida no Planeta.

Invisível aos nossos olhos, o monóxido de carbono em contato com o sangue, por exemplo, pode impedir o transporte do oxigênio no organismo. Gera desde dores de cabeça até a morte. Hidrocarbonetos causam doenças como pneumonites. Partículas em suspensão facilitam moléstias cardiovasculares. Metais pesados (como chumbo e mercúrio), radioativos, dioxinas, benzeno, amianto, entre outros, podem causar doenças mortais. Idosos e crianças são mais afetados. A saúde de outros seres vivos, inclusive vegetais, também pode ser prejudicada.

Os técnicos dividem os poluentes em primários (emitidos diretamente pela fonte poluidora) e secundários (formados a partir de reações químicas entre o poluente e outros elementos da atmosfera). Para controlar a poluição de um local, medem a presença de alguns poluentes, chamados de *indicadores da poluição*. No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama estabeleceu os padrões para a **qualidade do ar**, inspirado em normas da Organização Mundial de Saúde – OMS.

A **qualidade do ar** não depende só da quantia de poluentes emitidos, mas também das condições para dispersá-los. Por exemplo, é mais fácil a dispersão no alto de uma montanha, onde venta mais, do que num fundo de vale.

## inversão **térmica**

Resultado da combinação da estiagem com o frio, a inversão térmica ocorre quando a superfície terrestre sofre um resfriamento rápido, como numa noite de inverno. O ar frio fica “preso” perto do solo, e o mais quente (mais leve) fica acima, formando uma “capa”. O problema aumenta nas cidades com muitos veículos e indústrias poluentes, pois a poluição não se dispersará.

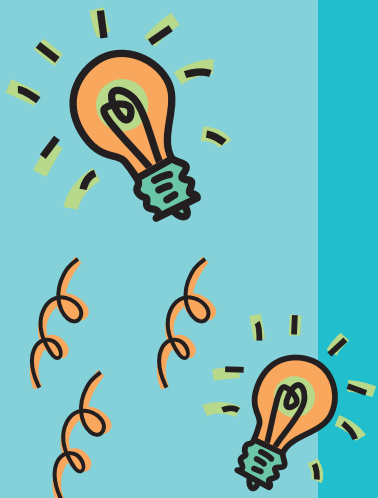
## até onde vai a **atmosfera?**

A concentração de gases na atmosfera terrestre tem relação direta com a força da gravidade. Isso explica o fato de cerca de 75% desses gases se concentrarem na *troposfera*, a faixa de cerca de 12 quilômetros mais próxima à superfície terrestre. É a única camada em que seres vivos conseguem respirar. Também só nela ocorrem fenômenos meteorológicos, como ventos e precipitações (chuvas).

Quanto mais alto, temos o ar mais rarefeito, portanto densidade e pressão atmosférica menores.

Na faixa entre 12 km e 50 km de altitude, chegamos à *estratosfera*. Lá, numa altitude de cerca de 30 km, encontramos a camada de ozônio (O<sub>3</sub>). Ela funciona como um filtro dos raios ultravioleta. Se eles chegassem em excesso à superfície terrestre, causariam câncer de pele, danos oculares, mutações genéticas, destruiriam plantas e animais.

Mais acima, antes de alcançar o espaço sideral, há mais duas camadas. A *mesosfera* (dos 50 km aos 80 km de altitude) e a *termosfera* (80 km a 110 km). A transição é gradual, sem limites rígidos entre uma e outra faixa.



## VAMOS FAZER UMA EXPERIÊNCIA?

Precisamos de uma bexiga e fôlego para constatar uma propriedade do ar. Ao soprar, injetamos cada vez mais ar no interior da bexiga. Ela vai crescendo, ou seja, a pressão interna aumenta em relação à externa. Se não pararmos em tempo, o acúmulo de ar provocará tal pressão que a bexiga se romperá.

Com essa experiência, entendemos como as moléculas de ar podem ficar mais comprimidas num espaço (maior densidade) e como isso aumenta a pressão do ar. Fica mais fácil compreender como, pela força da gravidade, pressão e densidade do ar são maiores no nível do mar do que nas altas montanhas.

## os ventos

Na baixa atmosfera, faixa mais próxima à superfície da Terra, o ar está sempre em movimento.

Para entender, é só lembrar que calor deixa o ar leve e menos denso: forma *centros de baixa pressão*. Já o frio gera *centros de alta pressão*, de ar mais denso e pesado. O ar quente (leve) tende a subir, enquanto o ar frio (pesado) desce.

Na natureza, esse sobe-e-desce cria correntes de ar. Elas alteram a pressão atmosférica e levam para cima poluentes emitidos na superfície terrestre.

Mas o ar também se desloca no sentido horizontal, através dos ventos. Como a temperatura média na linha do Equador é maior que nos pólos, vemos o deslocamento de massas de ar das regiões polares em direção ao Equador em ambos os hemisférios (Norte e Sul) da Terra.

Calor é energia: desse jeito, se distribui a energia dos raios solares por todo o Planeta.

## O CAMPEADOR E O VENTO (abertura)

Vem o vento,

vai silvando.

O vento é quando?

É depois de ter amado.

Vento cervo,

puro vento,

se mistura

com os cedros,

ultrapassa o mirante,

se mistura

a outro tempo.

Vento quando?

É depois de ter lutado.

Carlos Nejar

(O Campeador e o Vento | 1966)

## o clima e nós

*Clima* é o nome que se dá às condições atmosféricas que costumam ocorrer num lugar. São quatro elementos principais para avaliá-lo: precipitação (chuva), temperatura, pressão e umidade.

O clima tem relação direta com os fluxos de energia no Planeta, que são os deslocamentos de ar horizontal (ventos, massas de ar) e vertical (correntes de ar). Também há interação entre clima e as características superficiais da Terra. Num exemplo: na floresta tropical, a evapotranspiração das plantas torna o ar úmido. Isso gera mais chuvas. Que proporcionam a diversidade da vida.

Intervenções humanas influenciam as condições climáticas. No mesmo exemplo: o desmatamento reduz a evapotranspiração, gerando o aumento da temperatura. Em geral, no caso dos grandes desmatamentos, a quantidade de chuvas diminui devido à menor evaporação. Em outras palavras, o desmatamento muda o clima. O reflexo pode ser local, regional e, mais ainda, ser global. Normalmente, os ventos levam vapor d'água formado na Amazônia para o Sul e o Sudeste do nosso país. Quando a floresta amazônica é derrubada, pode-se potencialmente mudar esse transporte de vapor d'água da floresta, e isso pode alterar o regime de chuvas nessas outras regiões.



# gases estufa e o clima

Há poucas décadas, confirmou-se que aqueles mesmos gases estufa que garantiram a estabilidade do clima (base para a vida no Planeta), quando em excesso, podem alterar esse clima. Cientistas listam quatro gases de efeito estufa e duas famílias de gases provenientes das atividades humanas como os mais impactantes: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ), os hidrofluorcarbonos (HFCs) e os perfluorcarbonos (PFCs). Isso sem falar do vapor d'água, que também contribui para o efeito estufa, mas que não é influenciado pela atividade humana.

Suas emissões aumentaram desmesuradamente a partir da adoção de um modelo de vida. O maior problema é a utilização de combustíveis fósseis. Ao queimar tais combustíveis, como petróleo – maior vilão do aquecimento global –, o carbono depositado há milhões de anos sob o solo volta à atmosfera.

O desmatamento também gera emissões de  $\text{CO}_2$ , assim como a queima de carvão mineral ou óleo combustível nas usinas térmicas. A decomposição de biomassa submersa em reservatórios hidrelétricos gera metano, que também é emitido por aterros sanitários, entre outros (veja também em ciclo do carbono).



De olho na relação entre os temas: veja o caderno **fogo**

## a descoberta do aquecimento global

As primeiras constatações científicas sobre os gases estufa datam de 1827. Mas os alertas sobre as mudanças climáticas vieram 130 anos depois, nos anos 1950.

Em 1988, a Organização Meteorológica Mundial – OMM e o Programa para o Meio Ambiente da ONU – PNUMA criaram o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC<sup>1</sup> para reunir esse conhecimento, em construção.

Em 1990, o primeiro relatório do IPCC, que indicou as evidências da relação da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera com as mudanças climáticas, foi de grande importância para a assinatura da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, que entrou em vigor em 1994. O relatório seguinte inspirou a assinatura do Protocolo de Quioto, que integra a Convenção, como detalharemos.

1. Em inglês: Intergovernmental Panel on Climate Change. Sem siglas em português



Nem tudo, nas mudanças climáticas, se deve à ação humana. O relatório do IPCC também menciona influências naturais. Por exemplo, as grandes explosões dos vulcões lançam partículas na atmosfera, capazes de produzir um esfriamento temporário (refletem o calor dos raios solares).

Cerca de 2,5 mil cientistas de 193 países (inclusive do Brasil) produziram o quarto relatório do IPCC, lançado em 2007. Ele demonstrou, com 90% de certeza, que a ação humana causa o aquecimento global. E previu um aumento da temperatura da Terra entre 1,8°C e 4°C, em média, até o fim do século XXI. Mas indicou ações que podem ser adotadas para evitar os piores problemas.

### MEGASSOLUÇÕES

Existe quem defenda “megassoluções tecnológicas” para combater o aumento do efeito estufa. Uma delas é extrair o carbono do ar e injetá-lo no fundo dos oceanos. São propostas que atuam na consequência do problema, em vez de resolver sua causa.

## o que é o **protocolo de quioto**

**Tratado internacional** que recebeu este nome por ter sido proposto em Quioto (Japão) em 1997, o Protocolo de Quioto entrou em vigor em 2005. O protocolo estabeleceu um período de compromissos, entre 2008 e 2012, em que os países desenvolvidos devem reduzir suas emissões totais dos gases de efeito estufa em média 5% abaixo dos níveis de 1990 (os EUA não integram o Protocolo).

Para facilitar o cumprimento das metas de redução de GEE desses países, o Protocolo de Quioto também criou o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). No MDL, os países desenvolvidos podem incentivar, por meio de investimentos e/ou tecnologia, a implementação de projetos que visem a redução de GEE nos países em desenvolvimento, utilizando a redução conseguida no cumprimento de suas metas. As nações em desenvolvimento mais beneficiadas foram China, Índia e Brasil.

Com base no Protocolo de Quioto, iniciaram-se as discussões de um novo período de compromisso, para definir as normas que vigorarão depois de 2012 no que se refere à redução de emissões de gases de efeito estufa.

**Tratados internacionais** – tais como convenções e protocolos – são acordos que os países assinam para resolver problemas comuns, onde se prevêem condutas, obrigações e compromissos. Os países compartilham responsabilidades, mas suas ações são diferentes, respeitando assim suas culturas, capacidades, limites.



## ação **espontânea**

A *neutralização do carbono* é uma prática em geral adotada espontaneamente, sem se apoiar nos benefícios previstos no Protocolo de Quioto. Ela começa pelo cálculo das emissões de gases estufa geradas por algumas atividades das empresas ou das pessoas, como o uso dos meios de transporte. Em seguida, especialistas calculam quantas árvores terão de ser plantadas para *remover o carbono emitido*, já que as plantas precisam do carbono para crescer. Essa atividade não tem as exigências do Protocolo de Quioto e não prevê problemas futuros nas plantações, que podem sofrer incêndios ou ser cortadas depois. É uma iniciativa que ajuda, mas não basta para eliminar o aquecimento global.

### PROTEGENDO A CAMADA DE OZÔNIO

No fim dos anos 1970, descobriu-se que a camada de ozônio – esse filtro natural de raios ultravioleta situado na estratosfera – ficara mais rala.

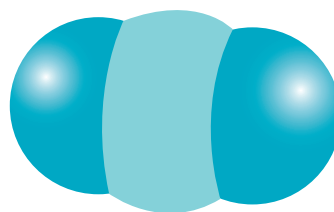
A principal causa do “buraco na camada de ozônio” seria a emissão dos CFCs e HCFCs. Esses gases à base de cloro, criados pelo ser humano para usos industriais, quando atingem a estratosfera destróem o ozônio, transformando-o em monóxido de cloro.

Em 1987 foi assinado o Protocolo de Montreal, tratado internacional que estabeleceu o ano 2005 como limite para banir os CFCs, que já começa a ter resultados. Os gases controlados pelo Protocolo de Montreal também são de efeito estufa, embora não sejam controlados pela Convenção do Clima.

## o carbono e as mudanças na atmosfera

Afinal, se o efeito estufa garantiu a vida na Terra por reter o calor dos raios solares (assim como numa estufa), por que temer o aumento da proporção desses gases?

Para responder, é bom lembrar que certos componentes da atmosfera são medidos há 150 anos em várias partes do mundo. Isso permite acompanhar mudanças na proporção de gases estufa, bem como o ingresso de novos gases, que persistem por décadas no ar. Essencial para a vida, o gás carbônico, ou dióxido de carbono, é o mais influente da lista. É formado por um átomo de carbono, ligado a dois átomos de oxigênio.  $C + 2O = CO_2$



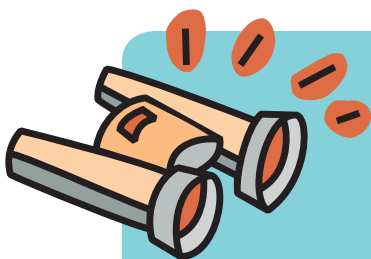
MÓLECULA DE  $CO_2$

Através de reações químicas e físicas, os átomos de carbono transitam nos meios sólido, líquido, gasoso. Como vimos, estão no  $CO_2$  do ar. Mas fazem igualmente parte do monóxido de carbono, metano, hidrofluorcarbono e perfluorcarbono, nocivos à nossa saúde. O carbono também compõe seres vivos, como nós, humanos. No subsolo, integra os combustíveis fósseis.

No século XIX, o ar continha 280 partes por milhão de carbono (ppm). Equivale a apenas 2,8 mililitros em um litro (0,028%). Parece ainda pouco, mas a temperatura média subiu cerca de  $0,8^\circ C$  de lá para cá. E isso pode ser a razão de eventos climáticos mais extremos, como furacões mais intensos, inundações e estiagens mais freqüentes. A grande seca que afetou a Amazônia em 2005, por exemplo, foi considerada um alerta dos eventos que podem ocorrer com o aquecimento global.

## lidando com a complexidade

Cientistas reúnem dados históricos sobre clima, usando programas de computador chamados *Simuladores de Modelos Climáticos*, ou simplesmente *modelos climáticos*. Supercomputadores permitem comparar dezenas de milhares de informações e, com isso, desenhar **cenários** que antecipam efeitos do aumento da proporção dos gases estufa. Uma referência é o ano 2100.



Os cinco **cenários** climáticos do IPCC permitem avaliar os efeitos, por exemplo, das diferenças na variável “emissões de gases estufa”, da mais otimista (cidadãos e cidadãs reduzindo as emissões) à pessimista (se nada for feito para diminuir as emissões de gases estufa).

Há incertezas que precisam ser consideradas. Uma delas é que em muitas regiões faltam dados históricos (antigos) sobre mudanças atmosféricas, o que dificulta construir cenários regionais futuros. Também há um esforço para entender os efeitos das *sinergias*. Pois uma coisa é conhecer efeitos de cada fator na atmosfera, outra é juntar dois temas, carbono e água por exemplo, pois o resultado pode mudar.

O impacto também é complexo. Devem-se prever, entre outras coisas, mudanças nas circulações atmosféricas e oceânicas, no nível do mar, na temperatura ambiente, no regime de chuvas e ocorrência de eventos climáticos extremos... e como tudo isso afetará nossas vidas. Num exemplo: se a temperatura média do Planeta aumentar 2°C, diminuiriam as neves de cordilheiras, como o Himalaia (Ásia), Andes (América Latina) e Alpes (Europa). Elas alimentam nascentes de rios, que com menos neve teriam menos água. O que afetaria desde a fauna aquática até nós, seres humanos, que usamos água.

Conhecer o ciclo do carbono é um bom caminho para entender mais.

## o ciclo do **carbono**

Mesmo sem perceber, somos parte de ciclos naturais. A começar pelo da fotossíntese-respiração.

Para lembrar: plantas, algas e bactérias que produzem clorofila são as únicas capazes de capturar a energia dos raios solares, através da fotossíntese. Com essa energia, convertem moléculas simples ( $\text{CO}_2$  retirado do ar e  $\text{H}_2\text{O}$  captada do solo e do ar) em moléculas orgânicas complexas (glicose:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ). Com isso, o carbono integrado na glicose passa a compor a estrutura do vegetal. A sobra de oxigênio é liberada no ar.

Na natureza, não há resíduos. Por meio da respiração, outros seres vivos (inclusive nós, humanos) retiram oxigênio do ar para “queimar” alimentos e, assim, obter energia. Dessa vez, é o  $\text{CO}_2$  que vai para a atmosfera, por meio da expiração.  $\text{CO}_2$  que é reutilizado pela fotossíntese, num ciclo interminável.

Nos oceanos o ciclo é quase igual, mas os personagens são os fitoplânctons, vegetais microscópicos que fazem fotossíntese, e os zooplânctons e zoobentos, que, além de respirar, constroem conchas com cálcio e carbono, que vão para o fundo do mar. Além disso, há milhões de anos, reservas de carvão mineral, petróleo e gás natural foram formadas pela decomposição de vegetais e restos animais. São os combustíveis fósseis, que contêm carbono. São dois modos pelos quais muito carbono foi extraído do ar e armazenado no subsolo ou fundo do mar.

Enquanto isso, a *respiração anaeróbia* (que não usa oxigênio) devolve carbono para a atmosfera. Trata-se da decomposição, por bactérias, de restos orgânicos caídos no chão. Na terra, fica um adubo natural. Mas a fermentação produz  $\text{CO}_2$  e metano ( $\text{CH}_4$ ), que se espalham no ar. Também incêndios naturais de florestas transformam o carbono das plantas em  $\text{CO}_2$ , que vai para a atmosfera. Esse ciclo manteve-se estável até o início da Revolução Industrial.



## ciclo do carbono num mundo impactado

Por volta de 1750, com a chamada Revolução Industrial, começamos a produzir e a consumir mais coisas e a produzi-las de modo diferente, substituindo o trabalho humano e animal pelo maior consumo de matérias-primas, água e energia.

Grande parte dessa energia vem da queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) que, quando utilizamos, devolvem à atmosfera o  $\text{CO}_2$ , além de óxidos de nitrogênio e dióxido de enxofre, guardados há milhões de anos no subsolo.

Já o desmatamento – para abrir áreas agrícolas e/ou para usar madeira como lenha (também fonte de energia) – causa duplo prejuízo climático. Com menos vegetação, diminui a fotossíntese, que captura carbono do ar. Além disso, com a queima da madeira, o carbono que a compõe vira  $\text{CO}_2$ , que vai para o ar.

Consumir mais que o necessário gera mais lixo. Nos lixões ou aterros sanitários, o lixo sofre a decomposição anaeróbia, que, como vimos, emite  $\text{CO}_2$  e metano. O mesmo ocorre com esgotos e estações de tratamento de água. Resultado: mais gases estufa no ar.

Vale saber que o  $\text{CO}_2$  é levemente solúvel em água, o que faz dos oceanos reservatórios naturais do gás. Só que água fria dissolve mais carbono de que a quente. Com o aquecimento global, as águas marinhas tendem a esquentar. Aí pode-se criar um círculo vicioso, que cientistas chamam de *feedback*. Funciona assim: na água mais quente, menos  $\text{CO}_2$  é absorvido. Portanto, sobra mais gás estufa no ar. O que pode aumentar a temperatura ambiente. Que, por sua vez, pode aquecer mais a água. Que, então, captará menos carbono... e assim por diante!

Isso pode gerar um efeito colateral: as grandes correntes marítimas são comandadas pelo frio/calor da água e definem o caminho das massas de ar. Se muda a temperatura da água numa região, essas trajetórias podem mudar e, com isso, o clima regional.

Caso não sejam revertidos, todos esses processos podem agravar as mudanças climáticas.



## QUAIS SÃO OS CENÁRIOS?

Para cada grau adicional da temperatura média no Planeta em relação aos níveis pré-industriais, o relatório mundial sobre as mudanças climáticas apresentado pelo IPCC em 2007 relacionou os possíveis cenários com os efeitos do aquecimento global. Confira alguns deles:

### elevação de 1°C

#### ALGUNS IMPACTOS

- Encolhimento das geleiras em cordilheiras – Andes, Himalaia e Alpes –, ameaçando o suprimento de água para 50 milhões de pessoas.
- A agropecuária seria prejudicada na América do Sul, África, Ásia. Mas renderia mais em regiões temperadas (hoje frias).
- Insetos se reproduzem mais em ambientes quentes. Com sua multiplicação, em algumas regiões haveria um aumento na incidência de doenças transmitidas por eles, como a malária.
- Morte de 80% dos recifes de coral.

### elevação de 2°C

#### OCORREM OS IMPACTOS CITADOS ACIMA MAIS ESTES QUE SE SEGUEM

- Mais enchentes nas regiões costeiras e derretimento da camada de gelo da Groenlândia.
- Queda da produção agrícola nos países tropicais e possível aumento de doenças transmissíveis (como a malária).
- Ecossistemas seriam afetados e até 40% das espécies vivas seriam ameaçadas de extinção (estimativa mais pessimista). Entre elas, os ursos-polares do Ártico.

### elevação de 3°C

#### IMPACTOS ACIMA MAIS ESTES

- As secas e a falta de água afetariam até 4 bilhões de pessoas.
- Início do colapso da Floresta Amazônica (no modelo mais pessimista), da camada de gelo da Antártica Ocidental e do sistema do Atlântico de águas quentes (que regula massas de ar).

### elevação de 4°C

#### IMPACTOS ACIMA MAIS ESTES

- Safras de produtos agrícolas diminuiriam em até 35%, em especial na África.
- Desaparecimento de cerca de metade da tundra ártica.

### elevação de 5°C

#### IMPACTOS ACIMA MAIS ESTES

- Provável desaparecimento de grandes geleiras no Himalaia (que abastecem com água parte da China e da Índia).
- Interferência na vida oceânica, prejudicando ecossistemas marinhos.
- Elevação do nível dos oceanos (entre 18 cm e 58 cm), afetando desde pequenas ilhas até cidades costeiras. A população desses locais teriam de ser deslocadas.

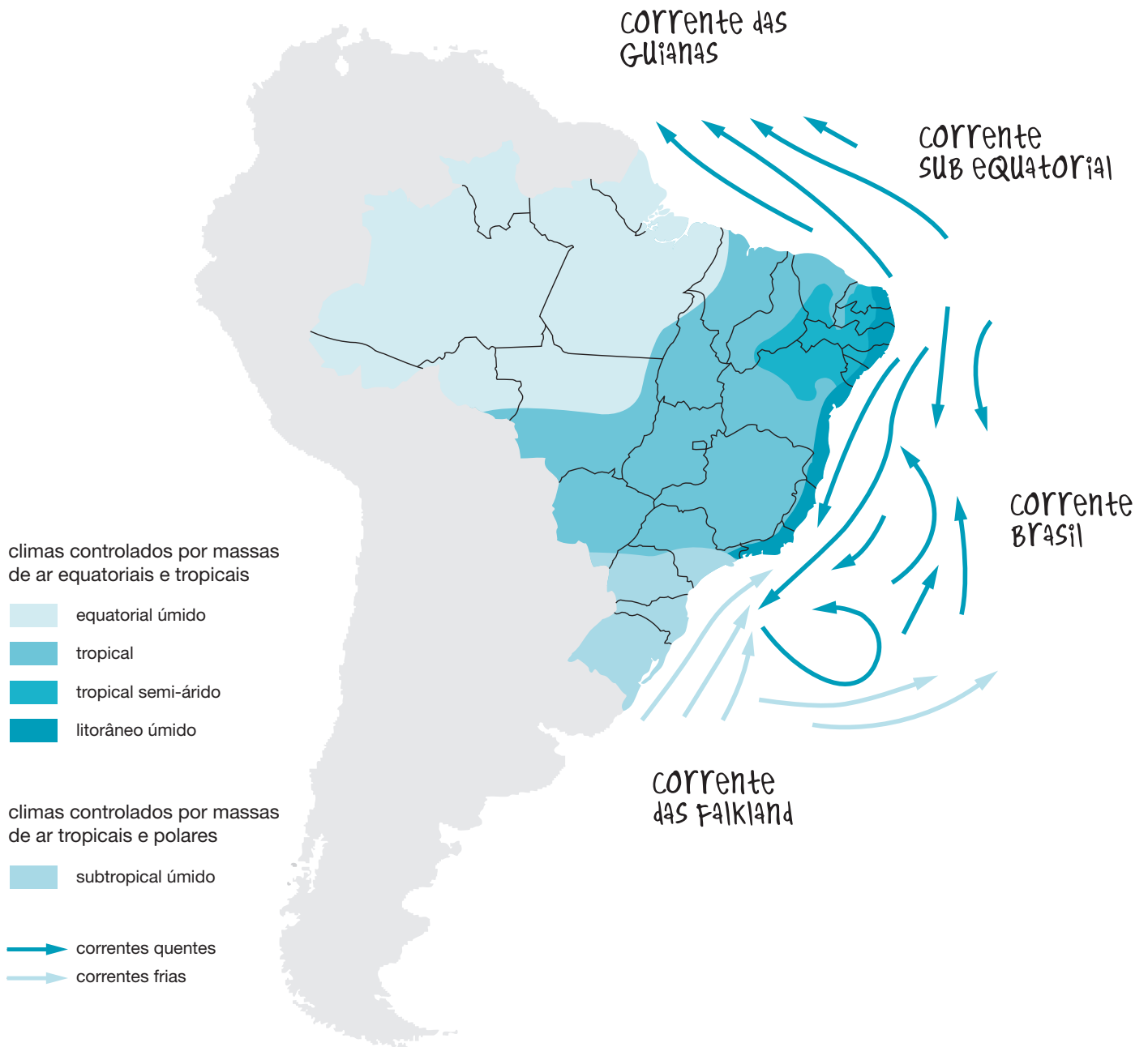


## mapa das mudanças do clima no **Brasil**

Com base em tendências já observadas no Brasil – assim como nas projeções climáticas do futuro derivadas dos modelos climáticos do IPCC –, cientistas brasileiros fizeram várias previsões do que pode acontecer no nosso país nas próximas décadas.

Apesar de ainda haver incertezas quanto a alguns efeitos das mudanças regionais de clima, sabe-se, por exemplo, que as maiores taxas de aquecimento acontecerão na Floresta Amazônica, enquanto as menores serão nos estados do Sudeste, junto à costa da Mata Atlântica. O aquecimento também não será tão pronunciado em regiões como o Nordeste e a Bacia do Prata. Confira **algumas previsões**:

De olho na relação entre os temas: veja o caderno **terra**











## ações adaptativas **nacionais**

O Brasil, em conjunto com 191 países, subscreveu as *Metas do Milênio*, aprovadas pela ONU em setembro de 2000. É um compromisso compartilhado em prol da sustentabilidade do Planeta, com oito metas que os países devem atingir até o ano de 2015, por meio de ações concretas dos governos e da sociedade.

Entre elas, integrar nas políticas nacionais os princípios da **sustentabilidade**, uma proposta desafiante que visa unir proteção ambiental, justiça social, equidade econômica, diversidade cultural e ação política. Que tal discutir o tema e levar propostas para os governantes?

## ações preventivas **regionais**

Devemos lutar para que a região, a cidade e o bairro onde vivemos sejam “mais sustentáveis”. Que tenham menos carros nas ruas e mais pessoas saudáveis, indústrias “limpas”, mais verde. Na área rural, sistemas agrícolas que favoreçam o equilíbrio ecológico e a conservação de matas nativas.

Como fazer? Por exemplo, observando a situação real, estudando soluções ecológicas e tentando influenciar as decisões do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente, da câmara de vereadores, da prefeitura. Também dá para criar campanhas de esclarecimento para a população e pedir o apoio da imprensa para divulgá-la.

Eis alguns exemplos do que é possível fazer. Através de pesquisas e do debate, podem surgir muitas outras idéias.

### **na região:**

- Se houver indústrias na região, tentar conhecer as matérias-primas e o processo de produção, para indicar a adoção de métodos e equipamentos que evitem a poluição (em especial, os gases estufa).
- Exigir o cumprimento das leis ambientais. Antes de se instalar, uma empresa, por exemplo, deve ter um projeto aprovado pelos órgãos ambientais. Quando em funcionamento, não deve poluir. Dá para exigir dos órgãos oficiais a fiscalização (a medição de quanto e quais substâncias saem da chaminé de uma indústria ou por seu esgoto) e a punição da poluição, se houver.
- Lutar pela conservação das matas nativas, pelo plantio de árvores, o jeito mais fácil de sequestrar o carbono da atmosfera.

### **na cidade:**

- A Lei de Uso e Ocupação do Solo e o código florestal definem padrões de ocupação das áreas urbanas. Vale conhecer a de sua cidade, discutir os padrões de construção para propor normas ecologicamente mais corretas. E denunciar práticas ilegais, como a instalação de casas na beira dos rios ou o aterro de nascentes.
- Divulgar e exigir o uso de fontes alternativas de energia, tais como a energia solar, a eólica (dos ventos) e mesmo os biocombustíveis (álcool) para substituir os combustíveis fósseis, que estão entre as principais fontes de emissão de gases estufa.

## ações transformadoras **locais**

### **ao alcance das mãos** | mudanças de atitudes

Se todos agirem em prol do meio ambiente, o mundo ficará melhor. Vale a pena listar as ações “amigas do ambiente” para divulgar e adotar no dia-a-dia. E, sempre que possível, explicar o porquê dessas atitudes, que muitos poderão copiar.

Por exemplo, apostar nos cinco “R” para diminuir a produção de lixo, símbolo do desperdício e gerador do gás metano:

- **Refletir** sobre os processos socioambientais de produção e consumo;
- **Recusar** significa evitar o consumo exagerado e desnecessário e recusar produtos que causem danos ao meio ambiente ou a nossa saúde ;
- **Reduzir** a geração de lixo. Significa desperdiçar menos, consumir só o necessário;
- **Reutilizar** é dar uma nova utilidade a materiais que, na maioria das vezes, consideramos inúteis e jogamos fora;
- **Reciclar** é transformar algo usado em algo novo por meio de processos industriais.

### **ao alcance da escola e da vizinhança**

Que tal um passeio pelo quarteirão, pelo bairro? Observe o que pode ser melhorado, para levar como sugestão aos vizinhos. Melhor ainda se formar um grupo para a tarefa.

Há veículos poluentes? Lixo nas ruas? Desperdício de sacos plásticos (feitos de petróleo) nas lojas? Após responder às perguntas, é preciso sistematizar as informações para criar um plano de ação. As tarefas terão de ser distribuídas e, periodicamente, o plano poderá ser revisado. Pois é preciso avaliar os resultados para decidir os próximos passos. É o que dá para fazer ao formar, ou fortalecer, a Comissão de Meio Ambiente e Qualidade de Vida – COM-VIDA, e construir a Agenda 21 na Escola.

Por meio de uma postura **SOLIDÁRIA**, os cuidados com o ambiente do qual fazemos parte se tornarão práticas do dia-a-dia de cada pessoa. Cada um ganhará a **CONSCIÊNCIA** de que suas ações pessoais afetam os integrantes da comunidade, os demais **SERES VIVOS**.

Ao adotar o zelo para com os bens naturais na escola, em casa, no lazer e no trabalho, garante-se o uso **SUSTENTÁVEL** para a atual e as **FUTURAS GERAÇÕES**.